



האתגרים שבמידת כלור בנוזלים

eldadb@contel.co.il

שקופית מס' 1

אלדד ברעם – מהנדס ביוטכנולוגיה
קונטאל אוטומציה ובקרה

ISA - יום עיון מדידות אנליטיות
02-12-2009



קונטאל אוטומציה ובקרה



2 שקופית מס' 2

אלדד ברעם – מהנדס ביוטכנולוגיה
קונטאל אוטומציה ובקרה

ISA - יום עיון מדידות אנליטיות
02-12-2009



מדידות כלור בנוזלים



- שימושים שונים לכלור בתעשייה
- תהליך ההכלרה – עקרונות וכימיה בסיסית
- תקנים ודרישות
- השפעת והתנהגות הכלור בתמיסות נוזליות
- שיטות מדידה ומכשור
- בחירת הציוד הנכון



מדידות כלור בנוזלים

השימושים השונים לכלור בתעשייה



- הלבנת אריגים בתעשיית טקסטיל
- הלבנת עצה בתעשיית נייר הלבנת נייר ממוחזר (הסרת דיו)
- **חיטוי מי רחצה ושתייה**
- תעשיית הצבעים
- הפקת ברום (חמצון-חיזור מלח ברום)
- ייצור חומרים פירוטכניים (גפרורים, זיקוקים, חומר נפץ)
- חומרי ניקוי, רעלים (אקונומיקה, מלבינים, הרבצידיים)
- דשנים
- תעשייה ביו-רפואית

שקופית מס' 4

אלדד ברעם – מהנדס ביוטכנולוגיה
קונטאל אוטומציה ובקרה

ISA - יום עיון מדידות אנליטיות
02-12-2009



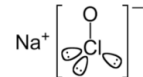
מדידות כלור בנוזלים

תהליך ההכלרה - עקרונות



לא יציבים

Sodium hypochlorite



Calcium hypochlorite

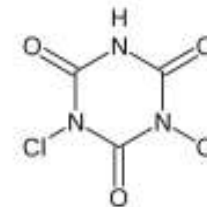
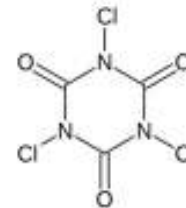
Lithium hypochlorite

Chlorine gas

יציבים

Trichlor-s-triazinetrione
(trichlor, trichlor-isocyanuric acid)

Sodium dichlor-s-triazinetrione
(dichlor, dichloroisocyanurate)



מולקולת מטרה HClO^+

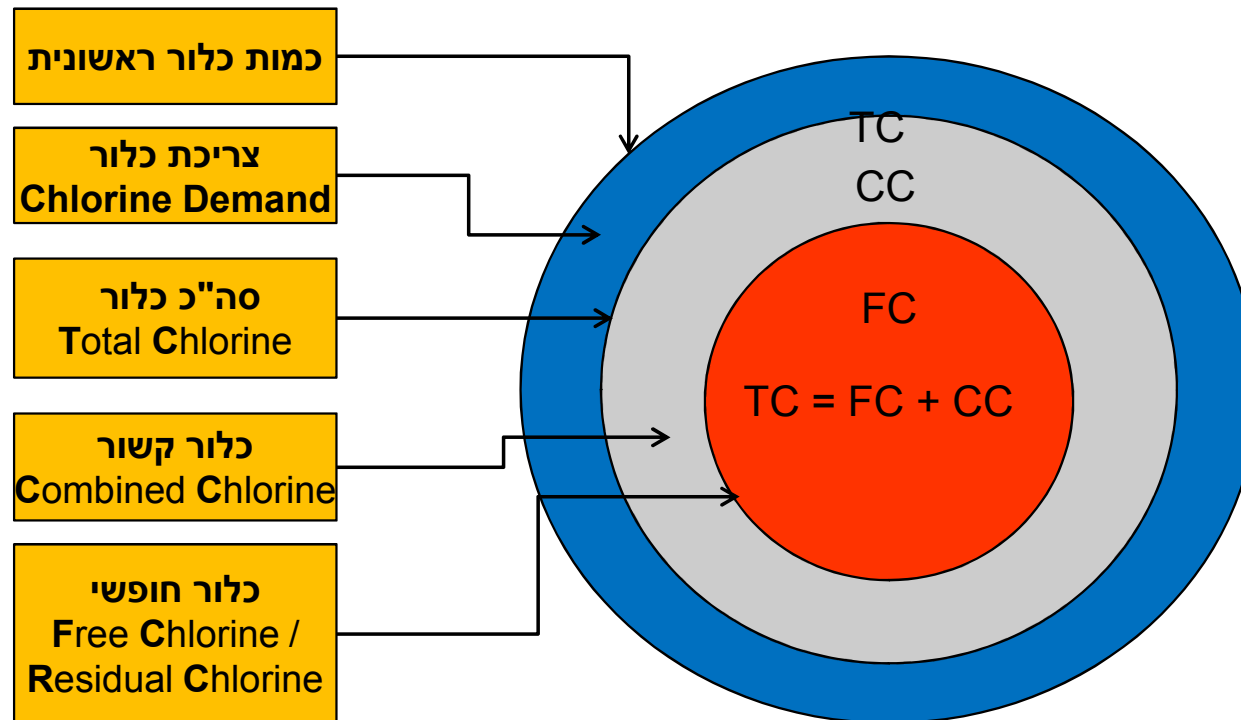


מדידות כלור בנוזלים

תהליך ההכלרה - עקרונות



מה קורה כאשר כלור נוסף לתמיסה מימית בתהליך חיטוי?



שקופית מס' 7

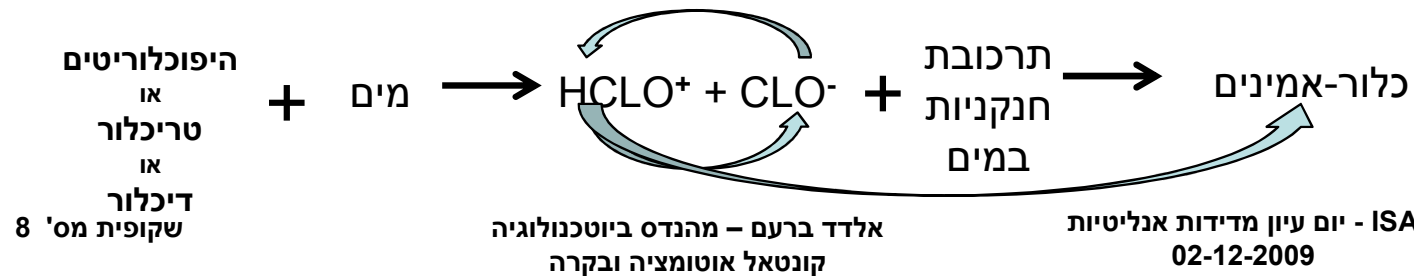
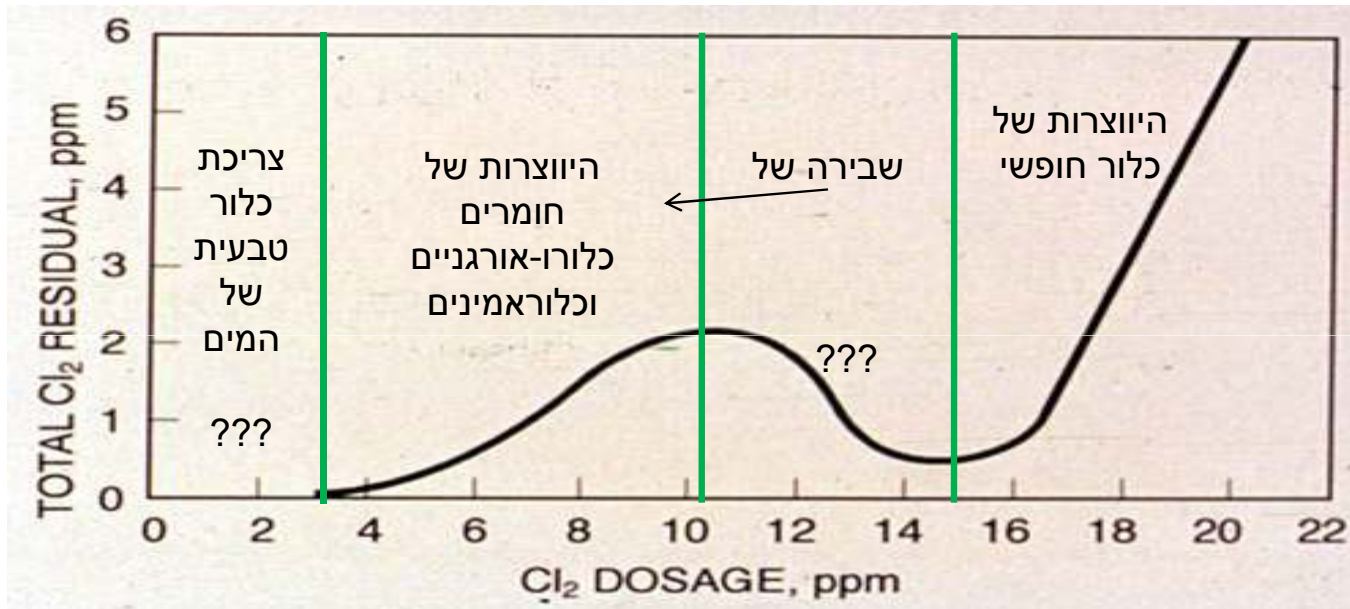
אלדד ברעם – מהנדס ביוטכנולוגיה
קונטאל אוטומציה ובקרה

ISA - יום עיון מדידות אנליטיות
02-12-2009



מדידות כלור בנוזלים

תהליך ההכלרה – כימיה בסיסית





מדידות כלור בנוזלים

תהליך ההכלרה – כימיה בסיסית



תוצאות המדידה מושפעות מ:

- pH
- טמפרטורה
- נוכחות של חומרים אחרים (לדוגמא: בסיסים\חומצות, תרכובות חנקן, גופרית, מתכות ועוד)
- אור שמש (UV)

נוכחות חומצה היפוכלורית משפיעה על:

- pH
- ריח וטעם של המים
- פלוקולאציות ועכירות



מדידות כלור בנוזלים

תקנים ודרישות



- תקנות בריאות העם 1974:
"ריכוז הכלור הפעיל לא יעלה על 0.5 מג'ליטר ולא יפחת מ-0.1 מג"ל".
- משרד הבריאות יזם ומימן תקן ישראלי ת"י 5438: "כימיקלים לטיפול במים המיועדים לשתייה"
- הוועדה לעדכון תקנות איכות מי השתייה – "וועדת עדין":
"הוועדה ממליצה לבחון העלאת ריכוז מינימאלי של כלור חופשי ל – 0.2 מג"ל"
- נמצא קשר בין רמת הטריהלומתאנים THM במי השתייה לסוגי סרטן מסוימים.



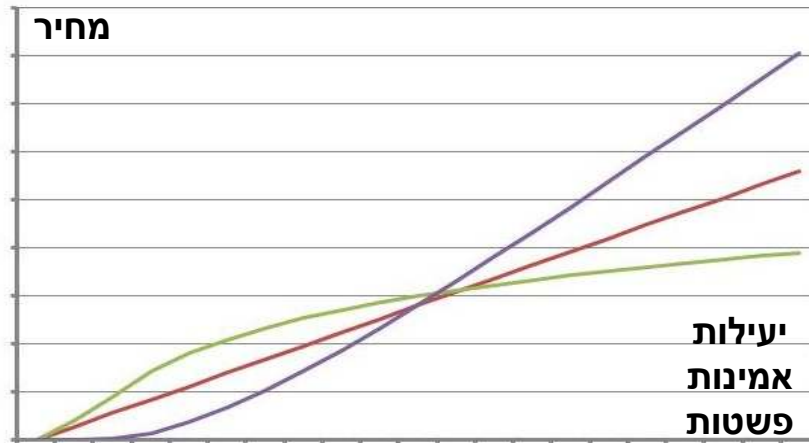
מדידות כלור בנוזלים

שיטות מדידה ומכשור



סוגי מכשור:

- קיטים
- מכשור נייד או ניח



השיטות השונות של המדידה:

- קולורימטרית - DPD
- טיטרצית - DPD
- טיטרצית יוד
- אמפרומטרית
- פולארוגרפית (ממברנית)

שקופית מס' 11

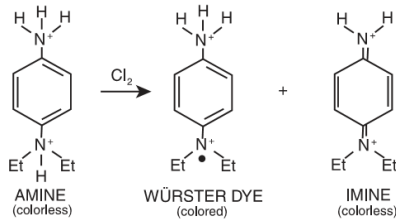
אלדד ברעם – מהנדס ביוטכנולוגיה
קונטאל אוטומציה ובקרה

ISA - יום עיון מדידות אנליטיות
02-12-2009



מדידות כלור בנוזלים

האתגרים בשיטות המדידה השונות



שיטה קולורימטרית - DPD

נוכחות של צבען מגנטה (N,N-diethyl-p-phenylenediamine)

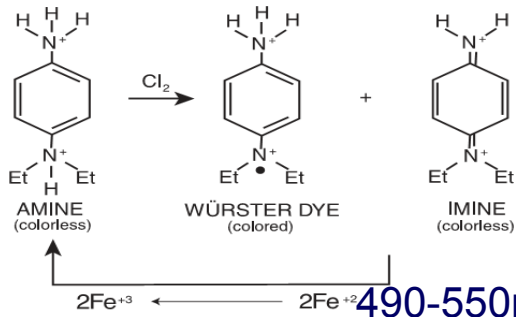
יצירת צבען באופן טבעי ע"י כלור ומדידת בליעת אורך גל בין 490-550nm

- אינדיקטור:
- עיקרון השיטה:
- יתרונות:
- מקובלת ופופולרית אצל מספר יצרנים
- חסרונות:
- דורשת pH ניטרלי ובעייתית במים קשים
- עשויה להיות מושפעת מתגובות ביניים לדוגמא תגובה עם עודף כלור
- מונו ודיכלוארמינים מגיבים לאט
- דורש אימות עם תגובת יוד כמחמצן



מדידות כלור בנוזלים

האתגרים בשיטות המדידה השונות



שיטת טיטראצית DPD

(N,N-diethyl-p-phenylenediamine) מגנטה של צבען

- אינדיקטור:
- עיקרון השיטה:
- טיטרציה להעלמות צבע ואחריה מדידת בליעת אורך גל בין 490-550nm
- יתרונות:
- מדויקת מעט יותר מ-DPD סטנדרטי
- חסרונות:
- ריאגנט יוני הברזל אינו יציב ומתחמצן מהר
- דורשת pH ניטרלי ובעייתית במים קשים
- עשויה להיות מושפעת מתגובות ביניים לדוגמא תגובה עם עודף כלור
- מונו ודיכלוארמינים מגיבים לאט
- דורש אימות עם תגובת יוד כמחמצן



מדידות כלור בנוזלים

האתגרים בשיטות המדידה השונות



שיטת טיטרצית יוד

• אינדיקטור: העלמות של צבען כחול

• עיקרון השיטה: כלור "מתקיף" צבען כחול וגורם להעלמות שלו. מדידה שמסתמכת על הירידה בבליעת האור של התמיסה.

• יתרונות:

- אחת השיטות הוותיקות הקיימות

כלור גזי + יוני יוד + יוני אשלגן → כלור + KI (אשלגן יודי) צבע כחול

חסרונות:

- מאוד לא ספציפית ומשמשת בעיקר למדידת TC
- נוכחות של סולפטים וסולפידים משפיעה על התהליך
- דורשת pH נמוך (חומצי) וטמפרטורה נמוכה (באיזור 20°C)



מדידות כלור בנוזלים

האתגרים בשיטות המדידה השונות



שיטה אמפרומטרית – אלקטרוכימית

- אינדיקטור: שינוי במתח חשמלי
 - עיקרון השיטה:
- $$\text{מימן גזי} + \text{כלור גזי} + \text{זרם חשמלי} \rightarrow \text{PAO מחומצן} + \text{כלור} + \text{PAO} + \text{מים}$$

העברת מתח נמוך בתוך תמיסה תוך כדי הוספת טיטראט (PAO) ומדידת השינוי במתח המתקבל על האלקטרודות.

- יתרונות:

- אינדיקציה כפולה – גם כמות PAO וגם שינוי בזרם חשמלי
- מתאים למדידה ספציפית של כלור-אמינים ע"י טיטרצית יוד

- חסרונות:

- דורשת pH ניטראלי בתחילת התהליך
- תלוי בריאגנט החימצון

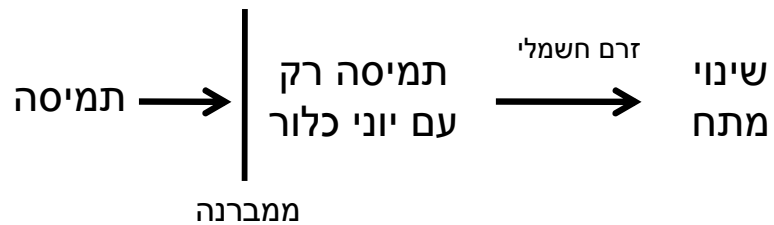


מדידות כלור בנוזלים

האתגרים בשיטות המדידה השונות



שיטה פולרוגרפית (ממברנלית)



- אינדיקטור: שינוי במתח חשמלי על אלקטרודה סלקטיבית מאחרי ממברנה

• עיקרון השיטה:

העברת מתח נמוך בתוך תמיסה שממנה מבודד רק החומר שאותו מבקשים למדוד

• יתרונות:

- עמידות מול שינויים ב-pH
- לא דורשת ראיגנטים ומתאימה למכשור נייד
- מתאימה לכמה סוגי מדידות

• חסרונות:

- שינויים בשטח הפנים של האלקטרודה משפיעים על תוצאת המדידה
- רגישות גבוהה מאוד למתחים חשמליים אחרים, יחס S/N



מדידות כלור בנוזלים

בחירת הציוד הנכון



יח
עלות \ תועלת

• עמידה מול דרישת רשויות רגולטוריות

• עמידה מול דרישות פנים אירוגניות

• ספציפיות – התאמה לתהליך ולמטרה

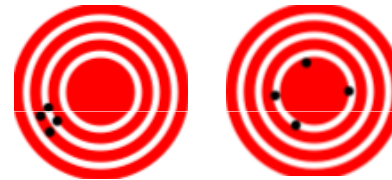
• סלקטיביות – השפעה של תגובות וחומרים אחרים

• סף גילוי

• Accuracy

• Precision

• לינאריות



• יכולת עבודה עם דגימות במצבים פיזיקו-כימיים שוני

• צורך בהכנה מוקדמת של הדגימה (דילול, pH, טמפ'

• עבודה רציפה או מנתית

• תאימות לתוצאות מעבדתיות סטנדרטיות

• כישורים נדרשים להפעלה

• מהירות תגובה